

UNTERNEHMEN:

OWP Gennaker GmbH



DOKUMENTENTYP:

Erläuterungsdokument

DOKUMENTENTITEL:

Ersatzdokument

für

Supplementary report on soil behaviour under cyclic loading

Ergänzungsgutachten zur zyklischen Lasteinwirkung („Zyklik“)

Work Package:

CRT

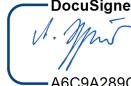
Vertraulichkeit Dokument:

Level 1 : Uneingeschränkt

Allgemeiner Hinweis

© Dies ist ein vertrauliches Dokument. Die Urheberrechte liegen bei der OWP Gennaker GmbH; das Dokument darf nicht ohne schriftliche Genehmigung verwendet oder vervielfältigt werden.

Sollten Ihnen Unstimmigkeiten zwischen den von Gennaker bereitgestellten Dokumenten / Informationen und projektspezifischen Normen, Richtlinien und Regeln (z.B. in der Design Basis) oder Dokumenten / Informationen, die von anderen Vertragspartnern oder Dritten bereitgestellt werden, auffallen oder Sie Unstimmigkeiten innerhalb der Dokumente von Gennaker bemerken, informieren Sie Gennaker bitte unverzüglich.

Rev.	Rev. Datum	Rev. Beschreibung (Dokumentenstatus)
00	15.01.2025	Ausgestellt zur Genehmigung
Erstellt von	Überprüft von	Genehmigt von
Christian Bühring	Jan Meding	DocuSigned by:  A6C9A289C96942B... Andree Iffländer
15.01.2025	15.01.2025	15.01.2025

Gedruckte Ausfertigungen unterliegen keiner Dokumentenkontrolle.

	Ersatzdokument - Zyklus -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

Revisionshistorie

Revision	Abschnitt	Änderung	von
00	Alles	Erstellung Ersatzdokument	CBU

	Ersatzdokument - Zyklik -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

Inhalt

Abkürzungen und Definitionen	4
Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis	4
1 Veranlassung	5
2 Zweck des Ersatzdokuments.....	6
3 Ergänzungsgutachten zur zyklischen Lasteinwirkung („Zyklik“)	7
3.1 Angewandte Regelwerke, Normen und Standards.....	7
3.2 Erläuterung	7
3.2.1 Laborversuche	8
3.2.2 Zyklisches Testprogramm	9
3.2.3 Interpretation der Versuchsdaten	9
3.3 Ergebnis	10
4 Inhaltsverzeichnis des Originals	10

	Ersatzdokument - Zyklisch -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

Abkürzungen und Definitionen

Abkürzung	Beschreibung
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
GBG	Geschäfts- und Betriebsgeheimnis
LEP M-V	Landesraumentwicklungsprogramm Mecklenburg-Vorpommern
MSL	Mean Sea Level, mittlerer Meeresspiegel
MW	Megawatt
OWEA	Offshore-Windenergieanlage
OWP	Offshore-Windpark
StALU VP	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Vorpommern
TdV	Träger des Vorhabens
USP	Umspannplattform

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zusammenfassung der zyklischen Laborversuche.....	8
Abbildung 2 Inhaltsverzeichnis des Originaldokumentes	10
Abbildung 3: Liste der Tafeln und Abbildungen des Originaldokumentes	11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste der Anhänge mit den Ergebnissen für die Bodengruppen	9
---	---

	Ersatzdokument - Zyklisch -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

1 Veranlassung

Der OWP Gennaker GmbH wurde am 15.05.2019 die immissionsschutzrechtliche Genehmigung (Nr. 1.6.1G-60.090/13-50) gemäß § 4 BImSchG für die Errichtung und den Betrieb von 103 OWEA der 8 MW-Leistungsklasse mit einer Gesamthöhe von max. 175 m über MSL sowie zwei baugleichen Umspannplattformen und interner Parkverkabelung erteilt. Am 05.03.2024 wurde eine Änderungsgenehmigung (Nr. 1.6.1G-60.034/22-50) gem. § 16 BImSchG erteilt, mit welcher 103 OWEA der 9MW-Leistungsklasse mit einer neuen Gesamtbauhöhe von max. 190 m über MSL zugelassen wurden.

Im Verlaufe sich zuspitzender multipler Krisen im Winter 2022 / 2023 nahmen generelle, d.h. auch internationale Marktverwerfungen, Inflation und krisenbedingte Engpässe stark zu. Die Folge war ein signifikanter Kosten- und Zinsanstieg, der sich entsprechend negativ auf die globalen Erzeugungs- und Lieferketten auswirkte, darunter auch auf die Offshore-Windindustrie und das Projekt Gennaker. Da sich bei hohen Vorverpflichtungen parallel die Inbetriebnahme durch eine sich abzeichnende Verzögerung des Netzanschlusses erneut um ein weiteres Jahr verzögern sollte, musste der Wechsel auf eine verfügbare, jedoch größere Turbinenklasse geprüft werden. Nach Herstellerangaben sollte der Typenwechsel von 9 MW auf 15 MW etwa ab Q1 2026 erfolgen. Mit der Verschiebung der Inbetriebnahme von 2026 auf 2027 aufgrund der Netzplanung ging unabhängig davon ein weiterer Kostenanstieg einher. Infolge dieser Entwicklungen erfolgte erneut die Umplanung des Vorhabens, die eine zeitliche Verschiebung der Inbetriebnahme auf das Jahr 2028 vorsieht. Aufgrund der Systematik im BImSchG ist ein erneutes Genehmigungsverfahren unvermeidbar.

Die aktualisierte Planung des Vorhabens „OWP Gennaker“ umfasst nun die Errichtung und den Betrieb von 63 WEA der 15MW-Leistungsklasse sowie der windparkinternen Verkabelung. Die Errichtung und der Betrieb der beiden bereits genehmigten Umspannplattformen an der östlichen und westlichen Peripherie des Vorhabengebietes ist nicht Gegenstand dieses Genehmigungsantrags. Sie werden im Antrag als planungsrechtlich verfestigte und bestehende Vorbelastung entsprechend berücksichtigt. Die Umspannplattformen (USP) werden in den Antragsdokumenten rein informativ mit erwähnt, da sie die Schnittstelle zwischen OWP und Netzanbindung bilden.

Antragsgegenstand sind vorliegend die Errichtung und der Betrieb von 63 OWEA der 15MW-Leistungsklasse mit einer Nabenhöhe von max. 143 m, einem Rotordurchmesser von 236 m, einer Gesamthöhe von max. 261 m sowie einer Leistung von je 15 MW sowie die interne Parkverkabelung, die zusammen mit den beiden bereits genehmigten Umspannplattformen den OWP „Gennaker“ bilden. Die installierte Gesamtleistung des OWP beträgt 945 MW.

	Ersatzdokument - Zyklisch -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

Unverändert befindet sich das Vorhabengebiet des OWP Gennaker vollständig innerhalb des im Juni 2016 von der Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern im LEP M-V ausgewiesenen Vorranggebietes für Windenergie auf See „Darß“. Das Gebiet liegt in der südlichen Ostsee vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns innerhalb der 12-Seemeilenzone ca. 15 km nördlich der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst und ca. 24 km westlich der Inseln Hiddensee und Rügen.

Für die Genehmigung des Vorhabens ist ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren mit obligatorischer Umweltverträglichkeitsuntersuchung durchzuführen. Im Zuge des Genehmigungsverfahrens werden entsprechend der Regelungsbereiche verschiedener Fachgesetze und untergesetzlicher Regelwerke die jeweils betroffenen Fachbehörden am Verfahren beteiligt. Entsprechend § 13 BImSchG schließt die Genehmigung die Entscheidungen und Prüfungen der beteiligten Behörden mit konzentrierender Wirkung mit ein.

Bestandteil des Genehmigungsantrags sind u. a. die baulichen Unterlagen und damit in Verbindung stehende Studien und Fachgutachten. Diese Dokumente sind überwiegend rein technischer Natur oder, wie z. B. im Falle der Geotechnik, enthalten Informationen, die als Grundlage für die technische Planung und Dimensionierung erforderlich sind.

Der TdV hat speziell Antragsdokumente dieser Kategorie nach § 10 Abs. 2 BImSchG als Geschäfts- und Betriebsgeheimnisse (GBG) gekennzeichnet und getrennt eingereicht. Damit werden sie als vertraulich eingestuft und nur den zuständigen Fachbehörden bekannt gemacht.

2 Zweck des Ersatzdokuments

Die im Antrag als GBG vertraulich eingestuften Dokumente für die Öffentlichkeitsbeteiligung werden nicht ersatzlos gestrichen. Vielmehr tritt an diese Stelle ein Ersatzdokument, in dem der wesentliche Inhalt des Originals zusammengefasst wird. Der Inhalt der Ersatzdokumente ist so dargestellt, dass es Dritten möglich ist, zu beurteilen, ob und in welchem Umfang sie von den Auswirkungen der Anlage betroffen sein können.

Nachfolgend wird der Inhalt des als GBG gekennzeichneten Dokuments

Supplementary report on soil behaviour under cyclic loading, Report No.: C1389R03-01, Cathie Associates SA/NV, 14.02.2024 (in englischer Sprache)
zusammenfassend dargestellt.

	Ersatzdokument - Zyklik -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

3 Ergänzungsgutachten zur zyklischen Lasteinwirkung („Zyklik“)

Titel des Originaldokumentes: Supplementary report on soil behaviour under cyclic loading.

3.1 Angewandte Regelwerke, Normen und Standards

- Standard Baugrunderkundung, Mindestanforderungen an die Baugrunderkundung und -untersuchung für Offshore- Windenergieanlagen, Offshore-Stationen und Stromkabel, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), BSH-Nr. 7004, 2. Fortschreibung 05.02.2014.
- Standard Konstruktion, Mindestanforderungen an die konstruktive Ausführung von Offshore-Bauwerken in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), BSH-Nr. 7005, 1. Fortschreibung 28.07.2015 – Berichtigung vom 01.12.2015, Aktualisierung vom 01.06.2021.

3.2 Erläuterung

Gemäß den Vorgaben des BSH-Standard Konstruktion ist zum Entwurf der Gründungselemente ein Geotechnischer Entwurfsbericht erforderlich. Zum Geotechnischen Entwurfsbericht gehört gegebenenfalls ein Ergänzungsgutachten mit den Ergebnissen der auf den konkreten Entwurf abgestimmten Laborversuche zu den Bodeneigenschaften unter zyklischer Lasteinwirkung (Ergänzungsgutachten zur zyklischen Lasteinwirkung „Zyklik“).

Das vorliegende Dokument wurde ursprünglich als „Ergänzender Bericht zum Bodenverhalten unter zyklischer Belastung“ für den OWP Gennaker gemäß den Anforderungen BSH 7004 (2014) und BSH 7005 (2021) für die 2. BSH-Freigabe erstellt und sollte zusammen mit dem Baugrund- und Gründungsgutachten – Konstruktionsphase (SFER, Baugrund- und Gründungsgutachten – Konstruktionsphase) und dem Geotechnischen Entwurfsbericht des Fundamentplaners betrachtet werden. Im September 2023 entschied sich der OWP Gennaker jedoch, den Windturbinengeneratortyp Gennaker OWP und damit auch das Layout zu ändern, was zur Notwendigkeit einer neuen BlmschG-Genehmigung und 1. BSH-Freigabe führte. Das vorliegende Dokument wird daher stattdessen als Entwurf eines zyklischen Konzeptsdokuments für die 1. BSH-Freigabe eingereicht, obwohl es die BSH-Anforderungen deutlich übertrifft.

Der vorliegende Bericht sollte in Verbindung mit dem Baugrundvoruntersuchungsbericht, Ersatzdokument 12.6.2.1) und dem Baugrund- und Gründungsgutachten-Entwicklungsphase, Ersatzdokument 12.6.2.2 Soil gelesen werden. Das Ergänzungsgutachten Zyklik enthält eine Zusammenfassung der geotechnischen

	Ersatzdokument - Zyklisch -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

Parameter, die für die Konstruktion von Monopiles unter zyklischer Belastung in jeder identifizierten Bodengruppe erforderlich sind, in Abstimmung mit dem geotechnischen Entwurfsverfasser.

Dieser Bericht berücksichtigt den Satz geotechnischer Daten aus der Standortuntersuchung 2022 (Fugro, 2024). Der allgemeine Umfang dieses Berichts umfasst:

- Überprüfung, Qualitätssicherung/Qualitätskontrolle und Interpretation der verfügbaren zyklischen Bodentestdaten
- Definition der zyklischen geotechnischen Parameter in jeder Bodengruppe, die für die Monopile-Konstruktion an den WTG-Standorten erforderlich sind.
- Bereitstellung von Leitlinien zur Verwendung zyklischer geotechnischer Parameter für die Konstruktion.

3.2.1 Laborversuche

Soil Unit	Soil type	Borehole	Depth range of samples (m)	D_r (%) / $[s_v \text{ (kPa)}]$	Test Type	Qty
S1a	SAND	GN_B07_BH GN_C01_CPT GN_A29_BH	0.5 – 3.0	40	CTXu	6
					CTXd	3
S1b	SAND	GN_A46_BH GN_A05_BHA GN_A46_CPT	1.0 – 3.5	90	CTXu	6
					CTXd	3
M1	SILT	GN_A05_CPT GN_C22_BH GN_B07_BH	2.0 – 5.0	40	CTXu	6
					CTXd	3
S2	SAND	GN_A05_BHA GN_A20_BH GN_A29_BH	4.0 – 8.0	95	CTXu	6
					CTXd	3
		GN_A29_BH GN_A56_BH GN_A07_BH	13.0 – 17.0	65	CTXu	6
					CTXd	3
C2	CLAY	GN_C01_CPT GN_C01_BH GN_B05_BH GN_B07_BH	12.2 – 17.4	[50 – 63]	CSS	6
				[75 – 105]	CTXu	3
M2	SILT	GN_C02_BH GN_C22_BH GN_C26_BH	14.0 – 25.0	35	CTXu	6
					CTXd	3
		GN_A20_BH	19.5	[190]	CTXu	1
S3	SAND	GN_A46_BH GN_C25_BH	16.0 – 29.0	50	CTXu	6
					CTXd	3
C3	CLAY	GN_A46_BH GN_A56_BH GN_C09_BH GN_C26_BH	23.0 – 28.2	[46 – 92]	CSS	6
				[115 – 350]	CTXu	3
C4a	CLAY	GN_A20_BH GN_A46_BH	23.3 – 28.7	[88 - 150]	CSS	6
				[160 – 260]	CTXu	3
C4b	CLAY	GN_A05_BHA GN_A26_BH GN_B05_BH GN_A46_BH	26.8 – 33.1	[110 - 150]	CSS	6
				[230 -410]	CTXu	3
C4c	CLAY	GN_B07_BH GN_A29_BH GN_A46_BH	27.8 – 42.6	[390 – 545]	CTXu	3
wCH	CHALK	GN_A26_BH	41.3	[345]	CTXu	1
CH1	CHALK	GN_A05_BHA GN_A20_BH GN_A29_BH	33.7 – 41.0	[750 – 1150]	CTXu	3
CH2	CHALK	No data available				

Abbildung 1: Zusammenfassung der zyklischen Laborversuche

	Ersatzdokument - Zyklisch -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

3.2.2 Zyklisches Testprogramm

- In den körnigen Bodeneinheiten (S1a/b, M1, S2, die Mehrheit der getesteten Proben in Einheit M2 und S3) wurden zyklische Triaxialtests unter sowohl undrainierten als auch drainierten Bedingungen zur Verwendung in den Festigkeits- bzw. Steifigkeitsabbaumodellen durchgeführt.
- In den kohäsiven Bodeneinheiten (C2, C3, C4a/b/c und Kreide) wurde eine Mehrheit von zyklischen DSS-Tests mit konstantem Volumen zur Verwendung im Kapazitätsabbaumodell durchgeführt. Diese wurden durch zusätzliche zyklische undrainierte Triaxialtests ergänzt. Die Ergebnisse dieser letzteren Tests werden hauptsächlich im Steifigkeitsabbaumodell verwendet, bieten aber auch einige Einblicke in die zyklische Festigkeitsanisotropie in den kohäsiven Böden.

Die erhaltenen elektronischen Daten wurden verarbeitet und überprüft, um eine angemessene Interpretation der zyklischen Konturdiagramme zu ermöglichen und einheitenspezifische Porendruck- und Dehnungsentwicklungsbeziehungen zu definieren, die für die Konstruktion von Monopile-Fundamenten gemäß der geotechnischen Konstruktionsgrundlage des Fundamentdesigners geeignet sind. Die Daten wurden zunächst auf Vollständigkeit überprüft, um sicherzustellen, dass alle erforderlichen Daten für jeden Zyklus bereitgestellt werden, was der Fall war. Die Überprüfung der zyklischen Labortestergebnisse bestätigte auch, dass sie für die Verwendung bei der Fundamentkonstruktion geeignet sind.

3.2.3 Interpretation der Versuchsdaten

Die Ergebnisse für jede Einheit, werden im Anhang zu diesem Dokument für jede Bodengruppe dargestellt,

Tabelle 1: Liste der Anhänge mit den Ergebnissen für die Bodengruppen

Soil group	Appendix Reference
S1a	Appendix A
S1b	Appendix B
M1	Appendix C
S2	Appendix D
C2	Appendix E
M2	Appendix F
S3	Appendix G
C3	Appendix H
C4a	Appendix I
C4b	Appendix J
C4c	Appendix K
wCH	Appendix L
CH1	Appendix M

	Ersatzdokument - Zyklik -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

3.3 Ergebnis

Das vorliegende Dokument erfüllt die Vorgaben des BSH Standards zur Erfüllung der 1. Freigabe nach BSH Standard.

4 Inhaltsverzeichnis des Originals

Gennaker OWF - Geotechnical Expert Services
Supplementary report on soil behaviour under cyclic loading

C1389R03 Issue 01
Page ii of vii

Table of contents

1. Introduction	8
1.1 General	8
1.2 Site description	8
1.3 Scope of document	9
1.4 Use of this document	10
2. Available data	11
3. Site conditions	13
4. Cyclic test data	14
4.1.1 General	14
4.1.2 General testing specifications for Capacity Degradation Method (CDM)	15
4.1.3 General testing specifications for Stiffness Degradation Method (SDM)	15
4.2 Processing and review of cyclic test data	15
5. Cyclic test data interpretation	16
5.1 Capacity Degradation Method (CDM)	16
5.1.1 Clay/Chalk Units	19
5.1.2 Sand units	21
5.1.3 Transitional soil groups	22
5.2 Stiffness Degradation Method (SDM)	23
6. References	25

Abbildung 2 Inhaltsverzeichnis des Originaldokumentes

	Ersatzdokument - Zyklisch -	
	Rev.: 00	Datum: 15.01.2025

List of tables

Table 1: Summary of cyclic testing and testing conditions	11
Table 2: Summary of identified geotechnical units	13
Table 3: Definition of CSR and ASR for each test type	14
Table 4: References of Appendices presenting the results of the cyclic tests	16
Table 5: Stiffness degradation method parameters	24

List of Figures

Figure 1: OWF Gennaker project area	9
Figure 2: Definition of shear stresses, strains and pore pressure, after Andersen (2015)	14
Figure 3: Typical example of interpretation of contours for the CDM approach	18
Figure 4: CSS cyclic contour at failure in clay units (ASR=0)	19
Figure 5: CTX cyclic contour at failure in clay units (ASR=0)	20
Figure 6: CTX cyclic contour at failure in granular soils	21
Figure 7: Unit S2 – Pore Pressure ratio degradation curves group 1 – Effect of relative density	22

Abbildung 3: Liste der Tafeln und Abbildungen des Originaldokumentes